

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10/562061

**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 17 AUG 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 28 279.3

**Anmeldetag:**

23. Juni 2003

**Anmelder/Inhaber:**

EADS Deutschland GmbH, 85521 Ottobrunn/DE

**Bezeichnung:**Verfahren zur Signalauswertung in einem  
SAR/MTI-Pulsradarsystem**IPC:**

G 01 S, H 01 Q

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**München, den 14. Juli 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Stanschus



EADS Deutschland GmbH  
Willi-Messerschmitt-Straße  
85521 Ottobrunn

5 P 611 019 /DE /1

## Verfahren zur Signalauswertung in einem SAR/MTI-Pulsradarsystem

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Auswertung der Empfangssignale in einem SAR/MTI-Pulsradarsystem gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

15 Mit Synthetic Apertur Radar/Moving Target Indication (SAR/MTI)-Pulsradarsystemen können einerseits SAR-Bilder aufgenommen werden und andererseits bewegte Ziele in den aufgenommenen SAR-Bildern identifiziert werden. Fig. 1 zeigt die Pulsfolge eines Sendesignals eines SAR/MTI-Pulsradarsystems. Aufgrund der unterschiedli-  
20 chen Beleuchtungszeiten, welche erforderlich sind um bei dem jeweiligen Auswerteverfahren eine hohe Auflösung zu erzielen, weichen die Pulswiederholfrequenzen der SAR- und MTI-Sendepulse stark voneinander ab. Für eine SAR-Auswertung mit einer Auflösung von bis zu 1m ist eine Beleuchtungszeit  $T_{SAR}$  von bis zu 30-60s erforderlich. Die Beleuchtungszeit  $T_{MTI}$  eines Bodengebietes zur Identifizierung und  
25 Verfolgung (Tracking) von Bewegtzielen beträgt hingegen üblicherweise 100-200ms.

30 In Fig. 2 ist die empfangene Echopulsfolge dargestellt, welche im Wesentlichen eine Überlagerung von SAR- und MTI-Echopulsen ist. Bei bekannten SAR/MTI-Radarsystemen erfolgt die Signalauswertung derart, dass die Aufnahme und Erzeugung von SAR-Bildern und die Analyse der SAR-Bildern mittels MTI-Verfahren zur Identifikation von Bewegtzielen zeitlich nacheinander stattfinden. Üblicherweise wird zuerst ein SAR-Bild aufgenommen, welches anschließend in einem MTI-Prozess auf Bewegtziele untersucht wird.

30 Eine gleichzeitige Auswertung der Signale in einem SAR- und einem MTI-Prozess ist somit nur mit großem technischen Aufwand möglich. Für bekannte Verfahren zur

23.06.03

- 2 -

Signalauswertung in SAR/MTI-Radarsystemen wird das Empfangssignal in zwei nahezu identische Komponenten aufgeteilt, wobei ein Teil des Signals einer Einrichtung zur SAR-Signalauswertung und ein anderer Teil des Signals einer Einrichtung zur MTI-Signalauswertung zugeführt wird. Ein Nachteil hierbei ist, dass das Radarsystem, insbesondere die Radarantenne eine Vielzahl von Bauelementen umfasst und somit technisch sehr aufwendig zu realisieren ist. Hieraus ergeben sich weitere Nachteile hinsichtlich des hohen Gewichts der Antenne. Ein weiterer Nachteil ist die große Abmessung der Antenne, wodurch die Antenne nur schlecht in ein Fluggerät integriert werden kann.

10

Es ist somit Aufgabe der Erfindung ein Verfahren anzugeben, mit dem es möglich ist, die Empfangssignale bezüglich SAR und MTI gleichzeitig zu verarbeiten, ohne dass ein großer technischer Aufwand erforderlich ist. Eine weitere Aufgabe besteht in der Schaffung einer Antenne zur Durchführung des Verfahrens.

15

Diese Aufgaben werden mit dem Verfahren nach Patentanspruch 1 und der Antenne nach Anspruch 5 gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

20

Erfindungsgemäß wird in der empfangenen Echopulsfolge des Empfangssignals jeder, einem ganzzahligen Vielfachen eines ganzzahligen Verhältnisses der Pulswiederholfrequenz  $PRF_{MTI}$  des MTI-Sendesignals zu der Pulswiederholfrequenz  $PRF_{SAR}$  des SAR-Sendesignals entsprechende, nach einem SAR-Sendepuls empfangene Puls in einem SAR-Verfahren ausgewertet und erfindungsgemäß werden die übrigen Pulse der empfangenen Echopulsfolge des Empfangssignals in einem MTI-Verfahren ausgewertet, wobei der durch die SAR-Signalverarbeitung fehlende Puls für die MTI-Signalverarbeitung mittels Interpolationsverfahren reproduziert wird.

25

30 Die Erfindung sowie Vorteile der Erfindung werden im folgenden anhand von Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1. eine beispielhafte Darstellung einer Sendepulsfolge eines SAR/MTI-Radarsystems mit SAR- und MTI-Sendepulsen,

23.06.03

Fig. 2 eine beispielhafte Darstellung einer Echopulsfolge eines SAR/MTI-Radarsystems mit SAR- und MTI-Sendepulsen,

Fig. 3 eine erste beispielhafte Ausführung einer schematische Blockdarstellung einer erfindungsgemäßen Antennenanordnung,

5 Fig. 4 eine zweite beispielhafte Ausführung einer schematische Blockdarstellung einer erfindungsgemäßen Antennenanordnung.

Fig. 1 zeigt, wie bereits oben beschrieben, eine beispielhafte Darstellung einer Sendepulsfolge eines SAR/MTI-Radarsystems mit SAR- und MTI-Sendepulsen. Aufgrund der niedrigeren Pulswiederholfrequenz des SAR-Sendepulses gegenüber eines MTI-Sendepulses erfolgt die Aussendung eines SAR-Pulses lediglich nach jedem fünften MTI-Puls, wobei 5 das Verhältnis der Pulswiederholfrequenz  $PRF_{MTI}$  des MTI-Sendesignals zu der Pulswiederholfrequenz  $PRF_{SAR}$  des SAR-Sendesignals angibt. In dem Zeitfenster zwischen den Sendepulsen ist das Radarsystem auf Empfang geschaltet.

Eine beispielhafte Echopulsfolge eines Sendesignals ist in Fig. 2 dargestellt. Die Darstellung zeigt eine Überlagerung von SAR- und MTI-Echopulsen. Der in Fig. 2 im mit der Bezugsziffer 1 bezeichneten Zeitintervall empfangene Puls wird mittels eines bekannten SAR-Verfahrens ausgewertet. Der dabei verlorengegangene MTI-Puls wird erfindungsgemäß mittels eines Interpolationsverfahrens reproduziert. Ein solches Interpolationsverfahren ist z.B. aus Joseph Salzmann et al., "Interrupted Synthetic Aperture Radar (SAR)"; IEEE AESS Systems Magazine, May 2002, Seiten 33-39 bekannt.

25 Vorteilhaft kann das Verhältnis der Pulswiederholfrequenz  $PRF_{MTI}$  des MTI-Sendesignals zu der Pulswiederholfrequenz  $PRF_{SAR}$  des SAR-Sendesignals von MTI-Burst zu MTI-Burst verändert werden. Somit können die bei der MTI-Signalauswertung auftretenden Entfernungsmehrdeutigkeiten bestimmt werden.

30 Die Pulswiederholfrequenz  $PRF_{SAR}$  des Sendesignals beträgt vorteilhaft zwischen 200 Hz und 400 Hz. Und die Pulswiederholfrequenz  $PRF_{MTI}$  beträgt vorteilhaft zwischen 2 kHz und 4 kHz. Somit sind ganzzahlige Verhältnisse der Pulswiederholfrequenz  $PRF_{MTI}$  des MTI-Sendesignals zu der Pulswiederholfrequenz  $PRF_{SAR}$  des

23.06.03

- 4 -

SAR-Sendesignals von 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 möglich. Selbstverständlich ist es möglich, durch geeignete Anpassung der Pulswiederholungsfrequenzen PRF\_SAR- und PRF\_MTI größere Verhältnisse einzustellen.

- 5 In Fig. 3 ist in einer ersten besonderen Ausführungsform eine beispielhafte schematische Blockdarstellung einer erfindungsgemäßen Antennenanordnung gezeigt.

Die Antennenanordnung 2 umfasst eine Vielzahl von Sende- und Empfangsmodulen 3 (T/R-Module). Diese T/R-Module 3 sind zu einer vorgebbaren Anzahl von Untergruppen 3a zusammengefasst.

Die T/R-Module 3 sind jeder Untergruppe 3a einer gemeinsamen Verzögerungsstrecke 4 zugeführt. Eine vorgebbare Anzahl von Verzögerungsstrecken 4 ist vorteilhaft zusammengefasst und einer gemeinsamen digitalen Empfangseinheit 5 zugeführt.

15

Die digitalen Empfangseinheiten 5 sind vorteilhaft mit Mitteln 6 zur digitalen Strahlformung und zur Festzielunterdrückung nach dem STAP-Verfahren (Space-time adaptive processing) verbunden. Die Mittel 6 zur digitalen Strahlformung und zur Festzielunterdrückung sind vorteilhaft weiteren Mittel 6a zur SAR- und MTI-

20 Signalauswertung zugeführt.

In Fig. 4 ist eine zweite besondere Ausführungsform einer Antenne beispielhaft schematisch dargestellt. Die Antennenanordnung 2 umfasst eine Vielzahl von T/R-Module 3, welche zu einer vorgebbaren Anzahl von Untergruppen 3a zusammengefasst sind. Bei dieser Ausführungsform ist eine vorgebbare Anzahl von Verzögerungsstrecken 4 zu einem analogen Netzwerk 7 mit einer vorgebbaren Anzahl von Ausgängen 8 zusammengefasst, welche jeweils einer digitalen Empfangseinheit 5, insbesondere einem Analog-/Digital-Wandler zugeführt sind, wobei die digitalen Empfangseinheiten 5 jeweils mit Mitteln 9 zur SAR- und MTI-Signalauswertung zugeführt.

30

Das analoge Netzwerk 7 generiert dabei gleichzeitig verschiedene schmalbandige Strahlungscharakteristiken mit verschiedenen Richtungen.

23.06.03



## Patentansprüche

1. Verfahren zur Auswertung eines Empfangssignals eines mit einer jeweils vor-  
5 gebbaren Pulswiederholfrequenz (PRF\_SAR, PRF\_MTI) SAR- und MTI-  
Sendepulse aussendendes SAR/MTI-Pulsradarsystems, wobei das Empfangs-  
signal eine Überlagerung aus Echopulsfolgen von SAR-Echopulssignalen und  
MTI-Echopulssignalen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der empfangenen  
Echopulsfolge des Empfangssignals jeder, einem ganzzahligen Vielfachen ei-  
nes ganzzahligen Verhältnisses der Pulswiederholfrequenz PRF\_MTI des MTI-  
10 Sendesignals zu der Pulswiederholfrequenz PRF\_SAR des SAR-Sendesignals  
entsprechende, nach einem SAR-Sendepuls empfangene Puls in einem SAR-  
Verfahren ausgewertet wird und die übrigen Pulse der empfangenen Echopuls-  
folge des Empfangssignals in einem MTI-Verfahren ausgewertet werden, wobei  
der durch die SAR-Signalverarbeitung fehlende Puls für die MTI-  
15 Signalverarbeitung mittels Interpolationsverfahren reproduziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis  
der Pulswiederholfrequenz PRF\_MTI des MTI-Sendesignals zu der Pulswieder-  
holfrequenz PRF\_SAR des SAR-Sendesignals mindestens 5 beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis  
20 der Pulswiederholfrequenz PRF\_MTI des MTI-Sendesignals zu der Pulswieder-  
holfrequenz PRF\_SAR des SAR-Sendesignals von MTI-Burst zu MTI-Burst ver-  
ändert wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeich-**  
25 **net, dass** die Pulswiederholfrequenz PRF\_SAR des SAR-Sendesignals zwi-  
schen 200 Hz und 400 Hz beträgt.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeich-**  
**net, dass** die Pulswiederholfrequenz PRF\_MTI des MTI-Sendesignals zwischen  
2 kHz und 4 kHz beträgt.

23.06.03

6. Antenne mit einer Vielzahl von Sende- und Empfangsmodulen (3) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sende- und Empfangsmodule (3) in eine vorgebbare Anzahl von Untergruppen (3a) zusammengefasst sind.
- 5 7. Antenne nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine vorgebbare Anzahl von Sende- und Empfangsmodulen (3) einer gemeinsamen Verzögerungsstrecke (4) zugeführt ist.
8. Antenne nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine vorgebbare Anzahl von Verzögerungsstrecken (4) zusammengefasst sind und einer digitalen Empfangseinheit (5), insbesondere einem Analog-/Digital-Wandler zugeführt sind.
- 10 9. Antenne nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die digitalen Empfangseinheiten (5) mit Mitteln (6) zur digitalen Strahlformung und Festzielunterdrückung nach dem STAP-Verfahren verbunden sind.
- 15 10. Antenne nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel (6) zur digitalen Strahlformung und Festzielunterdrückung mit weiteren Mittel (6a) zur SAR- und MTI-Signalauswertung verbunden sind.
- 20 11. Antenne nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine vorgebbare Anzahl von Verzögerungsstrecken (4) zu einem analogen Netzwerk (7) mit einer vorgebbaren Anzahl von Ausgängen (8) zusammengefasst ist, welche jeweils einer digitalen Empfangseinheit (5), insbesondere einem Analog-/Digital-Wandler zugeführt sind, wobei die digitalen Empfangseinheiten (5) jeweils mit Mitteln (9) zur SAR- und MTI-Signalauswertung verbunden sind.

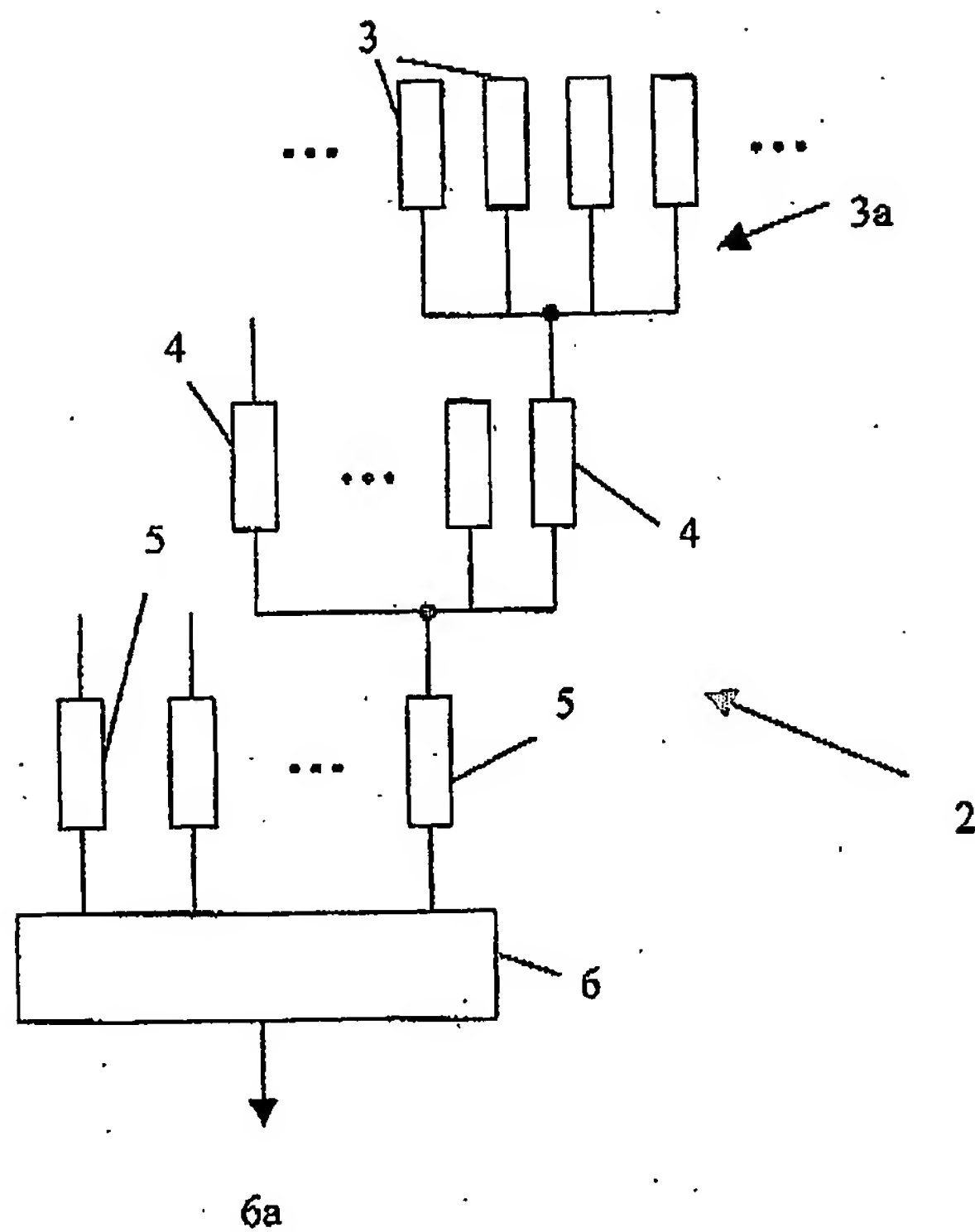
23.06.03

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Auswertung eines Empfangssignals eines mit  
5 einer jeweils vorgebbaren Pulswiederholfrequenz (PRF\_SAR, PRF\_MTI) SAR- und  
MTI-Sendepulse aussendendes SAR/MTI-Pulsradarsystems, wobei das Empfangs-  
signal eine Überlagerung aus Echopulsfolgen von SAR-Echopulssignalen und MTI-  
Echopulssignalen ist. Gemäß der Erfindung wird in der empfangenen Echopulsfolge  
10 des Empfangssignals jeder, einem ganzzahligen Vielfachen eines ganzzahligen Ver-  
hältnisses der Pulswiederholfrequenz PRF\_MTI des MTI-Sendesignals zu der Puls-  
wiederholfrequenz PRF\_SAR des SAR-Sendesignals entsprechende, nach einem  
SAR-Sendepuls empfangene Puls in einem SAR-Verfahren ausgewertet und die üb-  
rigen Pulse der empfangenen Echopulsfolge des Empfangssignals werden in einem  
15 MTI-Verfahren ausgewertet, wobei der durch die SAR-Signalverarbeitung fehlende  
Puls für die MTI-Signalverarbeitung mittels Interpolationsverfahren reproduziert wird.  
(Fig. 3)

23.06.03



**Fig. 3**

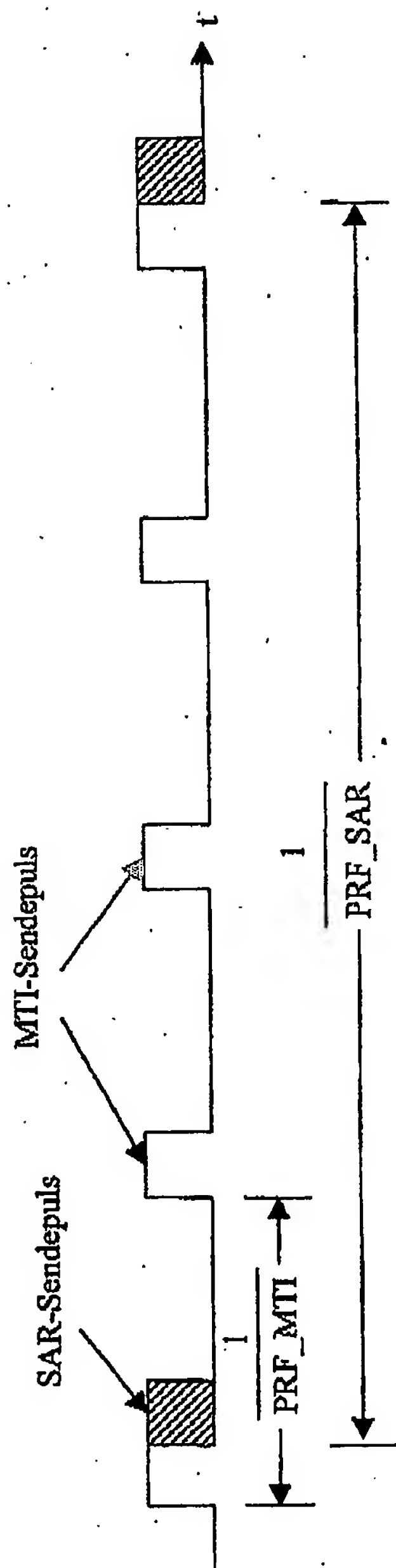


Fig. 1

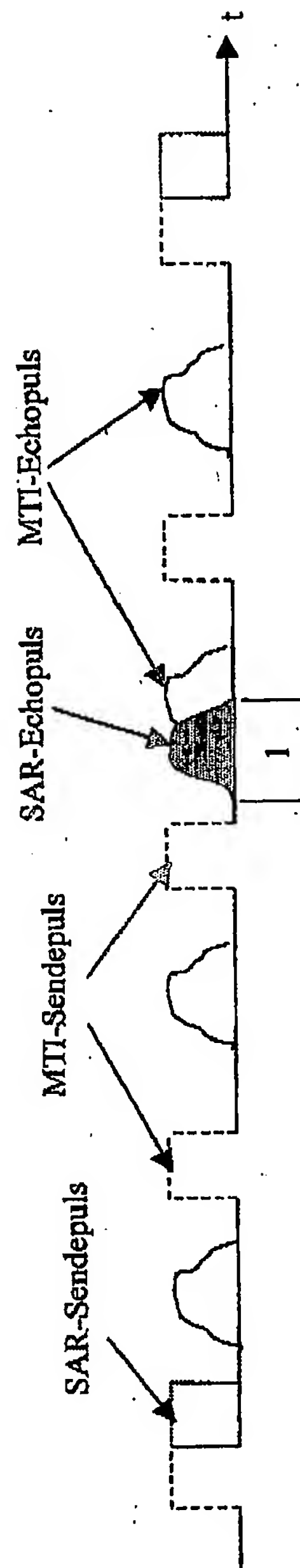


Fig. 2

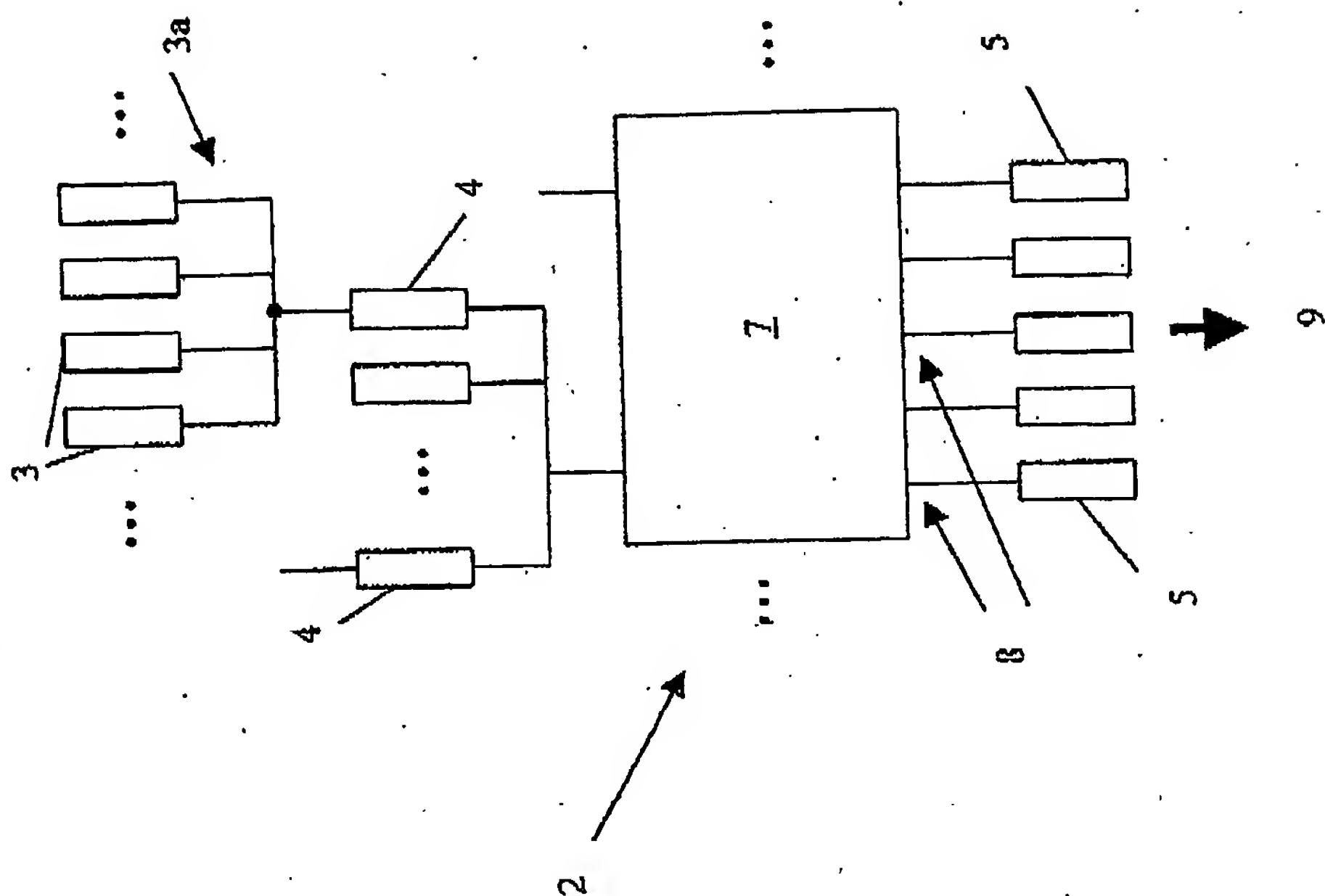


Fig. 4

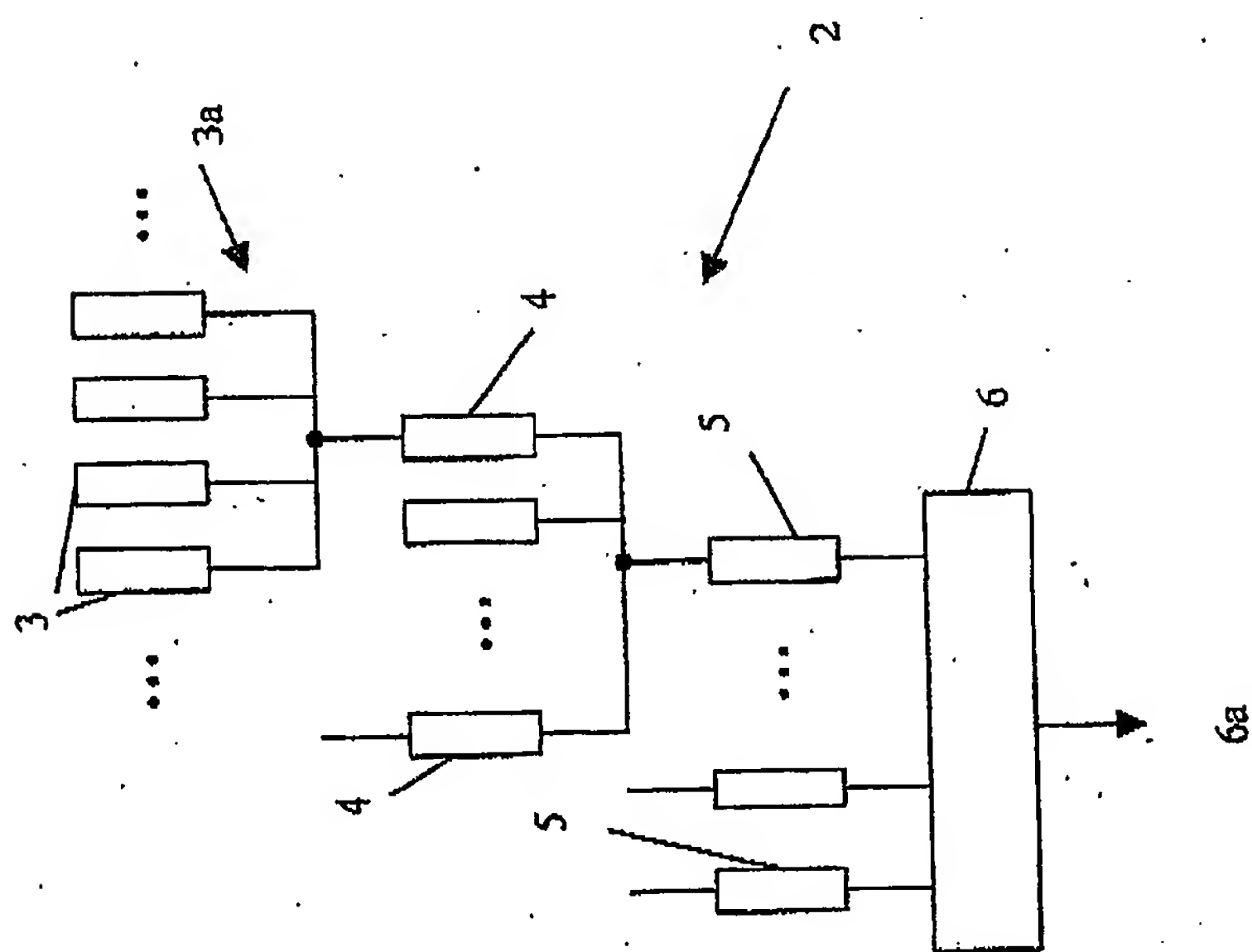


Fig. 3